AVALIAÇÃO DO DESMATAMENTO NA TERRA INDÍGENA SANGRADOURO/VOLTA GRANDE (MATO GROSSO) UTILIZANDO IMAGENS DIFERENÇA E IMAGENS ÍNDICE

Fernando Shinji KAWAKUBO[1]
Rúbia Gomes MORATO[2]
Maria Lúcia Cereda GOMIDE[3]

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desmatamento na região da Terra Indígena (TI) Sangradouro/Volta Grande utilizando imagens de satélite. A TI possui uma área aproximada de 100 mil hectares e está localizada à sudeste do Estado do Mato Grosso entre as coordenadas 15º 10´28¨ - 15º 44´ 37¨de latitude Sul e 53º 43`25¨- 54º 00`28¨ de longitude Oeste. A importância deste trabalho deve-se ao fato da TI estar localizada dentro da área de avanço da fronteira agrícola, em especial o da soja. A busca por novas áreas de plantio de soja ameaça a existência das TIs com a derrubada do cerrado e das matas ciliares que protegem os rios. Para analisar as mudanças ocorridas, foram utilizadas as bandas L3 (0,63-0,69um), L4 (0,76–0,90 um) e L5 (1,55–1,75 um) dos satélites Landsat TM e Landsat ETM+ (localizadas na órbita 225/71). As imagens do TM foram adquiridas no mês de julho de 1984 e as do ETM, em agosto de 2002. Por ser tratar de análise multitemporal, as imagens foram submetidas a calibração radiométrica. O primeiro passo consistiu na transformação dos números digitais para valores de reflectância exoatmosférica. Em seguida, as três bandas foram submetidas a retificação radiométrica. A calibração é um procedimento importante porque corrige as variações existentes na resposta do sensor e na irradiância solar. Em seguida, as imagens foram georeferenciadas e corrigidas geometricamente. A técnica de realce denominada de imagem diferença foi aplicada para avaliar a dinâmica do desmatamento. A equação de mudança é dada por: Dijk = LVijk (1) – LVijk (2) + c. Onde: Dijk é o valor do pixel da imagem diferença; LVijk (1) é o valor do pixel na imagem 84; LVijk (2) é o valor do pixel na imagem 02; c é uma constante (127) utilizada para transformar os intervalos em valores positivos. As imagens diferença foram realçadas com um aumento linear de contraste (para preencher todo o intervalo de 0-255) e definição de um limiar ajuste (n desvio padrão em torno da média para isolar as áreas de mudanças).O índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) foi calculado para as duas datas como forma de realçar intensamente as diferenças de densidade de vegetação. Após analisar individualmente as imagens NDVI, uma terceira imagem chamada DIF-NDVI foi criada subtraindo-se o NDVI-84 do NDVI-02. Da mesma forma que nas três imagens diferença, ela foi contrastada com o aumento contraste e com um limiar de ajuste. A separação das áreas com e sem mudança foi feita ajustando-se um limiar de 1.3 desvios padrões para todas as imagens. Este valor foi definido visualmente após vários testes realizados.Os extremos branco e preto de cada imagem representam as maiores diferenças entre as duas datas. O preto significa que o resultado da subtração é negativo e o branco, positivo. A imagem DIF-3 realçou com o preto as áreas que em 1984 eram ocupadas por cerrado e em 2002 passaram a ser solo exposto e agricultura. O branco pouco contribuiu na análise das transformações ocorridas. Em termos gerais, a imagem fornece importantes informações do contexto atual, dando dimensão do limite da TI e das áreas que sofreram poucas transformações. A imagem DIF-4 trouxe principalmente informações das áreas de queimada. O preto corresponde às áreas de queimada em 1984, e o branco, as áreas de queimada em 2002. O resultado da DIF-5 é parecido com a DIF-3,

[1] Mestre em Geografia Física pela Universidade de São Paulo. Calaborador do LASERE-DG/USP.
[2] Mestre em Geografia Física pela Universidade de São Paulo. Especialista de Laboratório no LASERE-DG/USP.
[3] Mestre em Geografia Humana pela Universidade de São Paulo.

porém com menor contraste entre as áreas de mudanças e sem mudanças. Poucas informações além das extraídas da DIF-3 são encontradas nesta imagem. A maior quantidade de informação foi verificada na imagem DIF-NDVI, que separou com preto as áreas de queimada (dados de 1984) e com branco as áreas de agricultura, solo exposto, pastagem e queimada (dados de 2002). Uma das maiores vantagens na utilização das imagens diferença é a simplicidade e rapidez com que se analisa a transformação ocorrida. Cada banda gera informações complementares que deve ser analisada em conjunto para explorar as potencialidades da técnica.

INTRODUÇÃO

Análise multitemporal utilizando dados de sensoriamento remoto requer cuidados adicionais que devem ser tomados antes de se iniciar a interpretação das transformações ocorridas. Principalmente quando a interpretação é feita com o auxílio das técnicas computacionais.

Os procedimentos de pré-processamento, que consistem em realizar as retificações radiométricas e geométricas das imagens consistem numa das etapas mais importantes da análise de dados multitemporais. Imagens adquiridas em datas diferentes devem ser submetidas a uma rotina de balanceamento que compatibilize as amplitudes dos níveis de cinza das imagens e a um ajuste que posicione espacialmente todas as imagens numa mesma localidade.

Existem diversas técnicas de detecção de mudanças (SINGH, 1989, JENSEN, 1996, RIDD; LIU, 1998). A escolha da técnica mais apropriada pode depender de inúmeros fatores como por exemplo: da habilidade com que o usuário consegue manipular os dados, do volume de dados, do tempo disponível, do custo, da complexidade do algoritmo e dos objetivos pretendidos na análise.

Este trabalho tem como objetivo avaliar rapidamente o desmatamento na região da Terra Indígena (TI) Sangradouro/Volta Grande utilizando duas séries temporais dos satélites Landsat TM e ETM+. Imagens NDVI e imagens diferença serão utilizadas para realçar as transformações ocorridas.

A importância deste tipo de trabalho no cenário nacional deve-se ao fato do Estado do Mato Grosso possuir sessenta e sete terras indígenas (FUNAI, apud GOMIDE, 2004), onde o avanço da fronteira agrícola, em especial o da soja ameaça a sua identidade com a derrubada do cerrado e das matas ciliares que protegem os rios. Conhecer as transformações ocorridas é importante para avaliar os danos causados ao meio ambiente e os conflitos de terras existentes na região (OLIVEIRA, 1991).

ÁREA DE ESTUDO

A TI Sangradouro/Volta Grande (povo Xavante) está localizada a Sudeste do Estado do Mato Grosso na porção oriental do Planalto do Guimarães – Planalto Central do Brasil. Possui terras divididas entre os municípios de General Carneiro, Poxoréo e Santo Antônio do Leste. Primavera do Leste é a cidade mais próxima, a 50 Km pela Rodovia BR-070.

A localização da cena que cobre a área de estudo (World Reference System - WRS) e os principais rios que a drenam encontram-se ilustradas na figura 1.

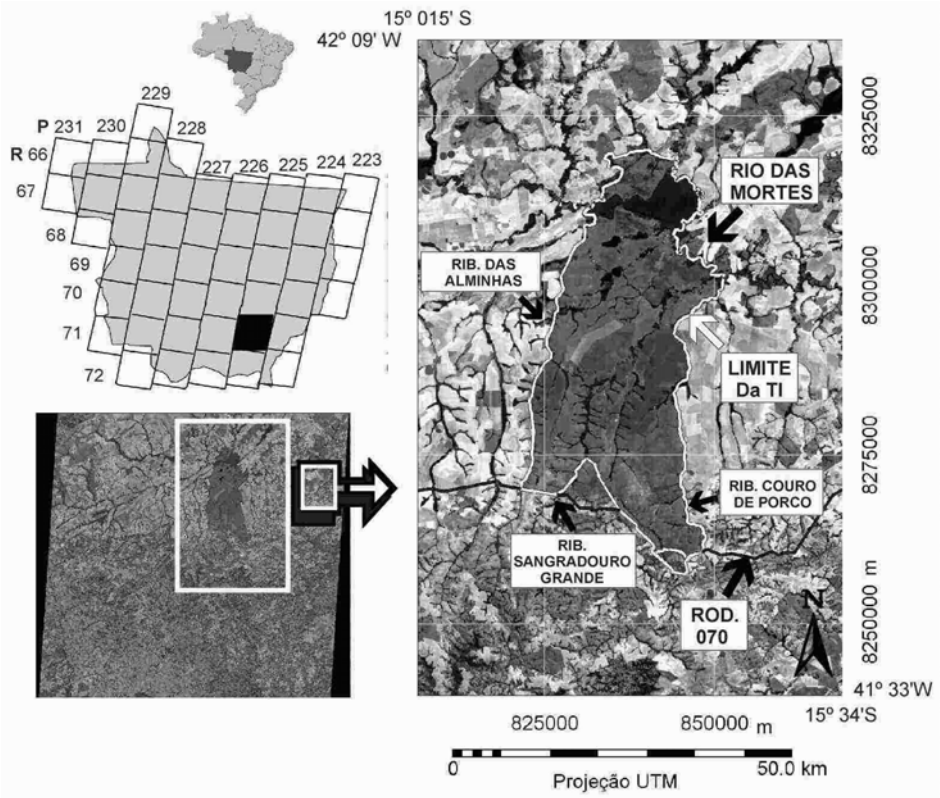

figura 1. Localização da área de estudo no sistema WRS e os principais rios que drenam o limite da Terra Indígena. A imagem de fundo ilustra a banda ETM5.

Conforme mapeamento realizado por Kawakubo et al. (2004), onze classes de uso e cobertura da terra são encontradas na área em questão. Entre estas onze, duas classes pertencem à Região da Floresta Estacional Semidecidual e três pertencem à Região da Savana (Cerrado). As seis classes restantes correspondem à classes de usos diversos, como corpos d'água e uso antrópico. A terminologia e as descrições consideradas seguiu a classificação Fisionômico-Ecológica da Vegetação Neotropical do Projeto Radambrasil.

Na tabela 1 encontram-se as principais características das onze classes mencionadas e a sua localização.

Tabela 1. Principais classes de uso e cobertura da terra na área de estudo (Kawakubo et al., 2004)

Região/Grupos	Formação	Características
Floresta Estacional Semidecidual	Submontana	Recobre os terrenos Terciários na margem esquerda do Rio das Mortes. Apresenta dossel arbóreo emergente com a característica principal da decidualidade entre 20 a 50% das espécies que a formam.
	Arbóreo Aberto com Floresta de Galeria	Classe de vegetação predominante na região ocorrendo sobre as superfícies planas ou levemente onduladas dos interflúvios. Trata-se de uma formação campestre com arvoretas exclusivas das áreas areníticas lixiviadas. Sua estrutura é mais aberta e baixa em relação ao Cerradão. As Florestas de Galeria apresentam uma composição entre os elementos florestais misturados aos da savana (cerrado) que nesta área são mais desenvolvidos.
Savana (Cerrado)	Aluvial	Distribui-se ao longo das planícies fluviais Quaternárias que beiram os rios. Apresenta estrutura com queda parcial da folhagem de suas árvores mais altas, embora na maioria apresenta-se com aspecto sempre verde, juntamente com os arbustos e arvoretas das sub-matas.
	Parque com Floresta de Galeria (natural)	Individualiza-se por fisionomia campestre intercalada por árvores muito espaçadas e raquíticas. Delimita-se pelas áreas encharcadas das depressões (áreas de acumulações inundáveis). Ocorrem principalmente ao Norte do Rio das Mortes e no Centro-Oeste da TI, estando associado à ocorrência de solos hidromórficos.
	Parque com Floresta de Galeria (antrópico)	Individualiza-se por fisionomia campestre intercalada por árvores muito espaçadas e raquíticas. Encontra-se em toda a Savana alterada pela devastação, principalmente pelo fogo que seleciona um pequeno número de arvoretas bastante espaçadas entre si.
Usos Diversos	Solo exposto e Agricultura	Cobrem praticamente todo o entorno das terras demarcadas como de áreas indígenas.
	Campo/Pastagem 1 e 2	O Campo/Pastagem 1 destina-se a atividade pecuarista, concentrando-se na região Sul da Terra Indígena. O Campo/Pastagem 2 são áreas de preparo para o plantio de gramíneas destinado à alimentação do gado.
	Queimadas e Regeneração	As áreas de queimadas incluem as de causa natural e antrópica. As áreas de regeneração são aquelas quase sempre próximas às queimadas constituindo-se num estágio de recuperação natural.
	Corpos d'água	Os dois principais corpos d'água estão localizados um pouco ao Sul do rio das Mortes, dentro da TI.

MÉTODOS E TÉCNICAS

O processamento digital de imagens foi feito utilizando dados dos satélites Landsat TM e ETM+ bandas 3, 4 e 5 (cena 225/71) de julho de 1984 e agosto de 2002. Estes dois conjuntos foram denominados de TM84 e ETM02, respectivamente.

A primeira etapa do trabalho consistiu em realizar a calibração radiométricas e a correção geométricas das imagens.

A calibração radiométrica é importante em virtude da análise de imagens adquiridas em épocas e datas diferentes sofrerem vários efeitos que modificam a radiância do dados. O que afeta consequentemente o sucesso na detecção de mudanças (JENSEN, 1996).

De acordo com Teillet (1986), imagens multitemporais estão sujeitas à duas variáveis: a primeira diz respeito ao desempenho radiométrico das bandas e dos detetores; a segunda consiste nos efeitos atmosféricos, na geometria de irradiação solar e de visada.

Como forma de minimizar essas diferenças, as imagens foram convertidas para valores de radiância e posteriormente para reflectância exoatmosférica de acordo com a proposição de Markham e Barker (1986).

Os valores de radiância espectral mínima e máxima (Lmin e Lmáx) para as bandas do TM84 foram extraídos do trabalho publicado por Chander e Markham (2003). Para as imagens do ETM02, os parâmetros foram obtidos na página eletrônica da NASA (2003). Vale lembrar que no sistema Landsat 7 as bandas operaram ora em baixo ganho, ora em alto ganho, dependendo da localização da cena e da época do ano. Portanto, segundo Luiz et al. (2003), a decisão de usar os valores para alto ou baixo ganho não é uma questão de escolha, pois ela é definida pela engenharia do sensor.

Posteriormente uma retificação radiométrica proposta por Hall et al. (1991) foi utilizada para normalizar os dois conjuntos de imagens. Este algoritmo consiste num método essencialmente estatístico (LIANG; FANG; CHEN, 2001) que é implementado em duas fases. Na primeira identifica-se e extrai-se a média dos conjuntos radiométricos estáveis (conjuntos de controle) das imagens. Na segunda, aplica-se uma transformação linear empírica utilizando coeficientes calculados na primeira fase.

Realizado a retificação radiométrica, as imagens ETM02 foram georeferênciadas com a base cartográfica do IBGE (1976, 1986) utilizando a projeção UTM. Posteriormente elas foram reamostradas com o interpolador vizinho mais próximo.

O georeferenciamento das imagens TM84 foi do tipo imagem-imagem (registro) utilizando as bandas ETM02 já corrigidas. O mesmo interpolador foi definido para a reamostragem de cada banda.

Para analisar o desmatamento ocorrido entre as duas datas, diversas técnicas podem ser escolhidas. Segundo Jensen (1996), a suposição fundamental que envolve a detecção de mudança utilizando dados de sensoriamento remoto pressupõe que se os materiais biofísicos mudaram ao longo de duas datas, essas diferenças são registradas na resposta espectral do pixel.

Segundo Mas (1999), essas diferenças podem ser analisadas por meio de três grandes grupos de métodos: (1) realce de imagens; (2) classificação direta de dados multi-temporais; (3) comparação de classificações independentes.

De acordo com Shimabukuro e Almeida Filho (2002), o realce de imagens envolvem transformações simultâneas de imagens adquiridas em diferentes datas, em novas bandas delas derivadas. Essas bandas realçam as mudanças ocorridas na área de estudo. Exemplos deste método são as técnicas de subtração e divisão de imagens, análises de regressão e componentes principais.

A classificação direta de dados multitemporais baseia-se numa única análise de um conjunto de dados (de duas ou mais datas) que são utilizados para identificar áreas de mudanças. Exemplos deste método são as classificações pixel a pixel e segmentações realizadas sobre imagens multitemporais.

No método de comparação de classificações independentes, duas ou mais classificações são realizadas isoladamente. Posteriormente estas classificações são comparadas pixel a pixel numa matriz de detecção de mudanças (tabulação cruzada).

A técnica de realce de imagens denominada de imagem diferença foi aplicada neste trabalho como forma de avaliar e localizar rapidamente a dinâmica do desmatamento na área de estudo. A equação de mudança é dada por:

$$D_{ijk} = BV_{ijk}\ (1) - BV_{ijk}\ (2) + c$$

onde

D_{ijk} é o valor do pixel da imagem diferença;

BV_{ijk} (1) é o valor do pixel na imagem 84;

BV_{ijk} (2) é o valor do pixel na imagem 02;

c é uma constante (127) utilizada para transformar os intervalos em valores positivos.

As imagens diferença resultantes da subtração de cada banda foi realçada com um aumento de contraste (para preencher todo o intervalo de 0-255) e definição de um limiar ajuste. Este limiar corresponde a um elemento crítico do método (SINGH, 1989) onde se define um valor de n desvio padrão em torno da média para isolar as áreas de mudanças daquelas sem mudanças.

O índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) foi calculado para as duas datas como forma de realçar intensamente as diferenças de densidade de vegetação. O índice consiste em:

$$NDVI_{TM} = NDVI_{ETM+} = B4 - B3/\ B4 + B3$$

Proposto por Rouse na início da década de 70 (JENSEN, 1996), o NDVI foi originalmente desenvolvido para o MSS como um índice normalizado que explora o comportamento distinto da vegetação nos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo. No vermelho a vegetação possui uma baixa reflexão da energia provocada pela clorofila. No infravermelho próximo ela reponde com alta reflexão por causa da interação com a estrutura fisiológica das folhas.

Após analisar individualmente as imagens NDVI-84 e NDVI-02, uma terceira imagem chamada DIF-NDVI foi criada subtraindo-se o NDVI-84 do NDVI-02. Da mesma forma que nas três imagens diferença, um limiar foi aplicado sobre esta imagem.

RESULTADOS

Os resultados das análises estatísticas (tabela 2) mostram que todas as imagens diferença apresentam distribuição normal, com médias bastante próximas entre si e baixo desvio padrão. O menor coeficiente de variação é o da DIF-NDVI e o maior é da DIF-5.

Tabela 2. Valores estatísticos extraídos das quatro imagens diferença

Estatística/imagem	DIF-3	DIF-4	DIF-5	DIF-NDVI
Média (x)	123.6	128.7	124.8	127.15
Desvio padrão (sd)	5.13	6.46	9.29	0.17
Coef. Variação (cv)	0.04	0.05	0.07	0.001

O tipo de distribuição encontrada (normal ou gaussiniana) deve-se ao fato dos pixels sem mudanças se distribuírem ao redor da média e os pixel com mudanças alojarem-se nas caudas da distribuição (JENSEN, 1996).

A separação das áreas com mudança e sem mudança foi feita ajustando-se um limiar de 1.3 desvios padrões para todas as imagens diferenças. Este valor foi definido visualmente após vários testes realizados.

As imagens diferença (DIF) resultantes da subtração das bandas 3, 4 e 5 encontram-se ilustradas na figura 2.

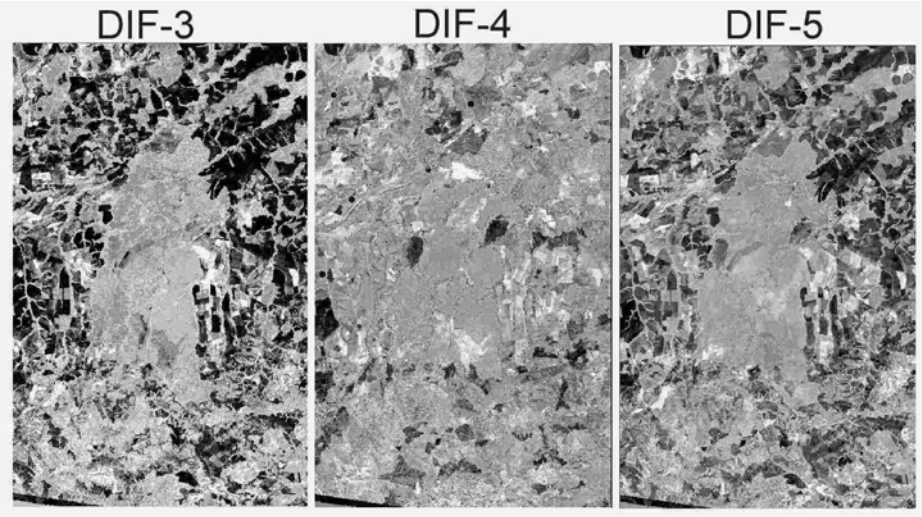

Figura 2. Imagens diferença (DIF) resultantes das bandas 3 (DIF-3), 4 (DIF-4) e 5 (DIF-5) após terem sido realçadas para os intervalos de 0-255 e aplicado o limiar de 1.3 desvios padrões.

O extremo branco e preto de cada imagem representam as maiores diferenças entre as duas datas. O preto significa teoricamente que o resultado da subtração é negativo e o branco, positivo. O intermediário entre o preto e o branco são os valores que se dispersam em torno do zero.

No caso em questão, pelo fato do valor zero ter sido reescalonado para 127 (constante c adicionada na equação), significa que os valores abaixo de 127 é negativo e acima, positivo.

A imagem DIF-3 realçou com o preto as áreas que em 1984 eram ocupadas por cerrado e em 2002 passaram a ser solo exposto e agricultura. O branco por sua vez pouco tem a contribuir na análise das transformações ocorridas. Em termos de conteúdo geral, a imagem fornece importantes informações do contexto atual, dando dimensão do limite da terra indígena e das áreas que sofreram poucas transformações.

A imagem DIF-4 traz principalmente informações das áreas de queimada. O preto corresponde as áreas de queimada em 1984 e o branco as áreas de queimada em 2002.

O produto da subtração da banda 5, representada pela DIF-5 é parecido com a DIF-3, porém com menor contraste entre as áreas de mudanças e sem mudanças. Poucas informações além das extraídas da DIF-3 são encontradas nesta imagem.

Como forma de enriquecer a análise, imagens NDVI calculadas para os anos de 1984 e 2002 são ilustradas na figura 3.

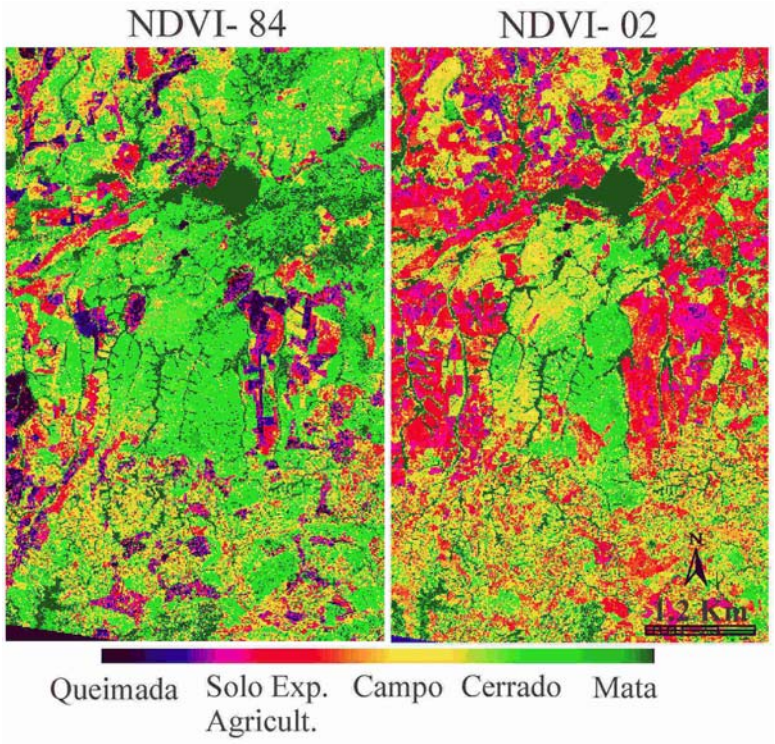

Figura 3. Imagens NDVI de 1984 e 2002

No ano de 1984 a maior parte da área em estudo era composta por vegetação de cerrado. Num intervalo de dezoito anos, praticamente todo o cerrado que existia no entorno da terra indígena desapareceu, dando lugar a agricultura mecanizada. As matas que restaram restringem-se a uma estreita faixa localizada ao longo dos ribeirões e rios.

Mesmo no sul da terra indígena, delimitada mais ou menos pela BR 070, o desmatamento foi intenso. Nesta área a derrubada da mata nativa se deu principalmente por causa do avanço da pecuária.

As áreas com maiores diferenças entre as imagens NDVI-84 e NDVI-02 são separadas na DIF-NDVI. A figura 4 mostra o comportamento dos pixels ao longo de dois perfis sobrepostos à imagem NDVI-DIF. Os dois extremos (picos e vales) correspondem as áreas de mudanças. Os pixels que se aproximam do valor médio são as áreas estáveis.

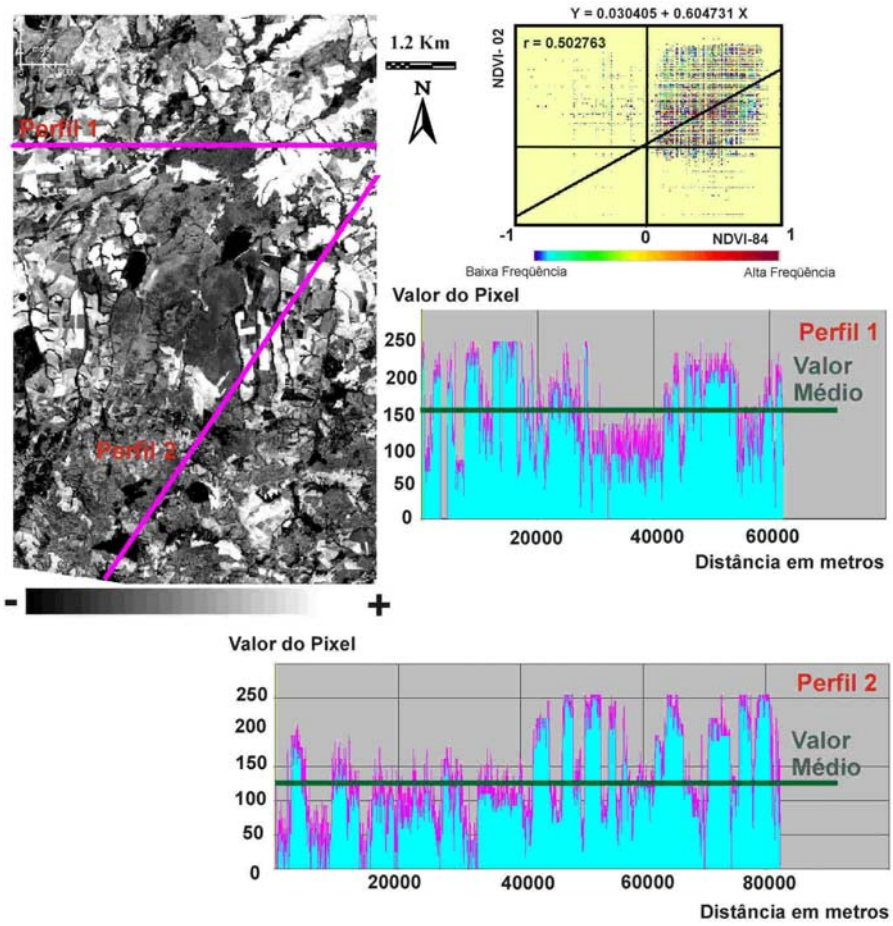

Figura 4. Imagem NDVI-DIF gerada a partir da subtração da NDVI-84 e NDVI-02

Os pixels pretos correspondem as queimadas na imagem NDVI-84. Os pixels brancos são as áreas de agricultura, pastagem, solo exposto e queimada na imagem NDVI-02.

As principais informações extraídas das quatro imagens DIF podem ser sintetizadas pela figura 5.

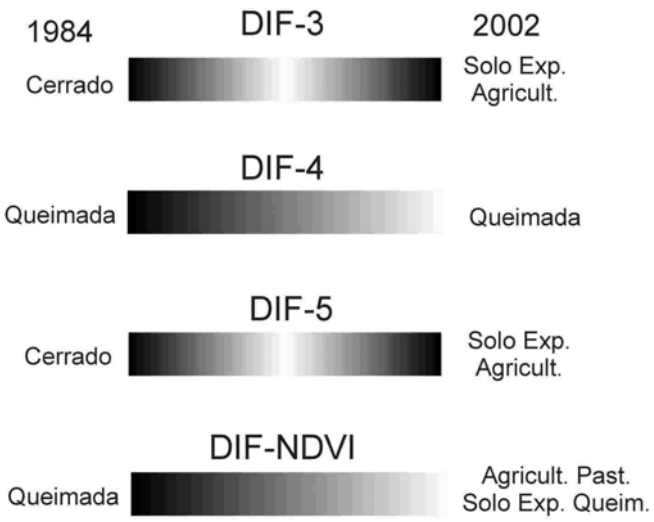

Figura 5. Chaves de interpretação das quatro imagens DIF

Utilizar a técnica da imagem diferença na avaliação da dinâmica espacial e temporal apresenta uma série de aspectos positivos, como por exemplo: a simplicidade e rapidez com que se analisa as transformações ocorridas, uma vez que se considera apenas as áreas com mudanças; as imagens são analisadas em conjunto, pois cada par de imagens multitemporais fornece informações complementares.

A chave de interpretação mostra, todavia, uma séria limitação desta técnica: a perda de informação. No caso por exemplo da imagem DIF-NDVI, que apresenta o maior conteúdo de informações, pelo menos quatro classes (agricultura, pastagem, solo exposto e queimada) são tratadas em conjunto, haja visto que são todos pixels claros.

Este problema é mencionado por Singh (1989) que comenta a perda de informações em situações onde 180 – 150 = 30 e 40 – 10 = 30 são postas como iguais.

O segundo problema da imagem diferença refere-se à dificuldade em se definir o que é mudança. Por exemplo, um pixel agricultura com um valor de 190 numa primeira data e 160 numa segunda mostra uma mudança de 30 pontos. Todavia, apesar desta substancial mudança, o pixel ainda continua sendo agricultura (RIORDAN, 1980, apud SINGH, 1989).

Um terceiro problema diz respeito a correção geométrica. O método é muito sensível aos erros de registro de imagens. Por causa disto, em áreas com forte mistura de pixels, muitas vezes opta-se em aplicar antes da subtração um filtro de mediana. Minimizando assim as variações nos pixels adjacentes e conservando as bordas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizar retificações radiométricas de imagens adquiridas em datas diferentes é fundamental para minimizar as diferenças de condições de imageamento das cenas.

A geração de imagens diferença constitui numa das técnicas de realce de dados mais importantes na análise de imagens multitemporais.

Os resultados mostraram que a imagem DIF-3 realçou com bastante clareza as áreas que em 1984 eram ocupados por cerrado e em 2002 passaram a ser solo exposto e agricultura. A imagem DIF-4 forneceu importantes informações a respeito da dinâmica das quieimadas. Já a imagem DIF-5 pouco contribui na análise. A maior quantidade de informação foi verificada na imagem DIF-NDVI, que separou em preto as áreas de queimada (dados de 1984) e em branco as áreas de agricultura, solo exposto, pastagem e queimada (dados de 2002).

Simplicidade do algoritmo e rapidez na análise constituem-se nas principais vantagens da imagem diferença. A sensibilidade na precisão do registro e as perdas de informações são seus pontos fracos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Salelet Gürtler do INPE, pelos esclarecimentos na parte de pré-processamento, ao Paulo Almeida do Laboratório de Cartografia do DG/USP, pelas valiosas contribuições prestadas. Agradecimentos também a Associação Xavante Wara, pela disponibilização das imagens Landsat TM e ETM+.

REFERÊNCIAS

CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat 5 TM radiometric calibration procedures and post-calibration dynamic ranges. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, v.41, n.11, p.2674-2677, 2003.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 3º reimpressão. Campinas: Unicamp, 1999.

GOMIDE, M. C. **Povos indígenas do cerrado, territórios ameaçados**. 195f. Monografia (Dissertação de Mestrado em Geografia Humana) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 2004.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. Second edition. New Jersey: Prentice hall, 1996.

HALL, F. G.; STREBEL, D. E. NICKESON, J. E.; GOETZ, S. J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multidate, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v.35, p.11-27, 1991.

KAWAKUBO, F. S.; GOMIDE, M. L. C.; MORATO, R. G.; OLIVEIRA, A. U.; LUCHIARI, A. Sensoriamento remoto e geoprocessamento na caracterização do uso da terra e cobertura vegetal na região da terra indígena Sangradouro/Volta Grande – MT. **Geografia**, Rio Claro, v.29,n.2, 2004.

LIANG, S.; FANG, H.; CHEN, M. Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface imagery – part I: methods. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, v.39, n.11, p.2490-2498, 2001.

LUIZ, A. J. B.; GÜRTLER, S.; GLERIANI, J. M.; EPHIPHANIO, J. C. N.; CAMPOS, R. C. Reflectância a Partir do Número Digital de Imagens ETM+. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. CD-ROM.

MARKHAM, D. A.; BARKER, J. L. Landsat MSSand TM pos-calibration dynamic ranges exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. **Landsat User Notes**, 1986.

MAS, J. F. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v.20, n.1, p.139-152, 1999.

NASA (2003), Landsat 7: Science Data Users Handbook, disponível em *http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html*.

OLIVEIRA, A. U. **A agricultura camponesa no Brasil**. São Paulo: Contexto, 1991.

RIDD, M. K.; LIU, J. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. **Remote Sensing of Environment**, v.63, 95-100, 1998.

SHIMABUKURO, Y. E.; ALMEIDA-FILHO, R. Processamento digital de imagens multitemporais Landsat-5 TM e JERS-1 SAR aplicado ao mapeamento e monitoramento de áreas de alteração antrópica na Amazônia. **Geografia**, Rio Claro, v.27, n.2, 2002.

SINGH, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v.10, n.6, p.989-1003, 1989.

TEILLET, P. M. Image correction for radiometric effects in remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v.7, n.12, p.1637-1651, 1986.